

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 668 626** ⁽¹³⁾ **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
B21B 1/08 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 17.10.2018)

(21)(22) Заявка: **2017115538**, 02.05.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.05.2017Дата регистрации:
02.10.2018Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **02.05.2017**(45) Опубликовано: **02.10.2018** Бюл. № **28**(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2530609 C2, 10.10.2014. RU**
2100107 C1, 27.12.1997. SU 1445823 A1,
23.12.1988. GB 2068282 A, 12.08.1981.Адрес для переписки:
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УРФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Михайленко Аркадий Михайлович (RU),
Шварц Данил Леонидович (RU)

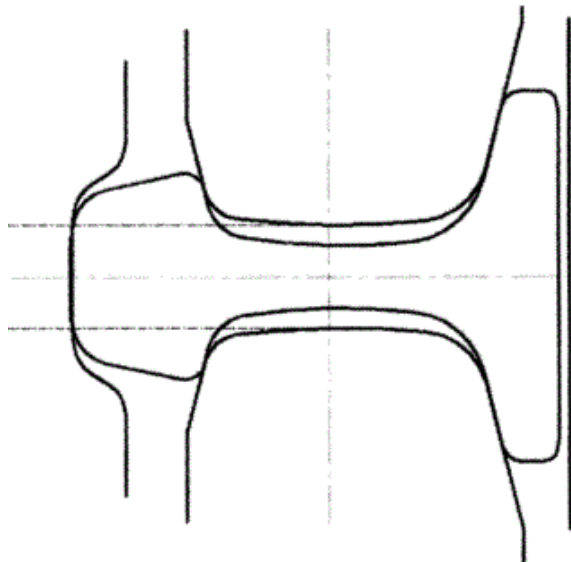
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)**(54) СПОСОБ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области прокатки рельсов. Способ включает прокатку в реверсивных клетях дуо черногового рельсового раската и дальнейшую его прокатку в непрерывно-реверсивной группе клеток, состоящей из двух универсальных четырехвалковых клеток, расположенной между ними вспомогательной клетки дуо и трехвалковой универсальной чистовой клетки. Стабилизация процесса прокатки в непрерывно-реверсивной группе клеток рельсобалочного прокатного стана обеспечивается за счет того, что первый проход производят с использованием промежуточной клетки дуо и второй - по главному направлению прокатки универсальной четырехвалковой клетки, второй проход - с использованием двух четырехвалковых клеток и вспомогательной клетки дуо между ними, третий проход - с использованием первой четырехвалковой, вспомогательной и чистовой трехвалковой универсальной клетки, при этом по ходу прокатки в каждом калибре непрерывно-реверсивной группы производят расширение шейки рельса на величину, рассчитываемую по математическим выражениям, в зависимости от обжатия шейки в

этой клетки и других характеристик очага деформации. 7 ил.



Фиг. 7

Изобретение относится к области сортовой прокатки и может быть реализовано при производстве железнодорожных рельсов на рельсобалочных станах, оснащенных непрерывно-реверсивной группой, в состав которой входят универсальные четырехвалковые клетки.

Сущность изобретения и известных решений, составляющих предшествующий уровень техники, поясняется фигурами, на которых изображено:

- на фиг. 1 - предшествующий уровень техники, схема рельсобалочного стана, включающего черновые реверсивные клетки (1.1), непрерывно-реверсивную группу клеток (1.2) и чистовую универсальную клетку (1.3),
- на фиг. 2 - предшествующий уровень техники, схема прокатки рельсов на рельсобалочном стане, включающем две черновые реверсивные клетки дуо и непрерывно-реверсивную группу клеток,
- на фиг. 3 - предшествующий уровень техники, схема прокатки рельсов на рельсобалочном стане, включающем одну черновую реверсивную клетку дуо и непрерывно-реверсивную группу клеток: I-V - номера клеток; 1-13 номера проходов,
- на фиг. 4 - предшествующий уровень техники, схема очага деформации при прокатке рельса в универсальном калибре,
- на фиг. 5 - схема прокатки рельсов, необходимая для использования калибров с расширяющейся по ходу прокатки шейкой: I-V - номера клеток; 5.1-5.13 номера калибров,
- на фиг. 6 - схема входа поперечного сечения подката в универсальный рельсовый калибр при одинаковой ширине шейки подката и калибра;
- на фиг. 7 - схема входа поперечного сечения подката в универсальный рельсовый калибр при увеличивающейся по ходу прокатки ширине шейки.

Известно значительное количество как компоновок таких прокатных станов (см. источники ниже), так и различных технологических схем прокатки. Но в целом, общая структура такого рельсобалочного стана может быть отражена схемой, показанной на Фиг. 1, где цифрами обозначено: 1.1 - черновые клетки (в состав могут входить одна реверсивная клетка или две реверсивных клетки или непрерывная черновая группа), 1.2 - непрерывно-реверсивная группа клеток (в состав включают универсальные четырехвалковые и вспомогательные, эджерные клетки дуо), 1.3 - чистовая универсальная клетка (трех- или четырехвалковая). При этом чистовая клетка может, как входить в состав непрерывно-реверсивной группы, так и располагаться отдельно.

[Свейковски У., Нерзак Т. Производство рельсов высокого качества с использованием компактных универсальных клеток и технологий Rail Cool. Металлургическое производство и технология (МРТ). Русское издание. 2006, №2. С. 50-56; Свейковски У., Нерзак Т. Производство рельсов с использованием кассетных клеток и современных технологий охлаждения // Черные металлы. 2008, №1. С. 32-36; Матвеев Б.Н. Стан с калибрующей клетью для прокатки высококачественных средне- и крупносортовых профилей и рельсов // Производство проката, 2003, №10. С. 47-48; Nigris G., Schroder J. Profile sizing process for high-quality medium / heavy sections and rails / MPT International. 2002, №3. Р. 48-54; Зиновьев А.В. Процесс PSP для

производства средне- и крупносортовых профилей и рельсов // Новости черной металлургии за рубежом. 2003, №2. С. 69-72].

Весь технологический процесс прокатки рельса можно разбить на два этапа: получение рельсового подката в черновых клетях и его дальнейшая прокатка в непрерывно-реверсивной группе клетей и в чистовой клети, например, как показано на Фиг. 2 [Головатенко А.В., Волков К.В., Дорофеев В.В. и др. Развитие технологии прокатки и процессов калибровки железнодорожных рельсов // Производство проката, 2014, №2. С. 25-39]. Данный способ прокатки включает получение чернового рельсового раската в двух черновых реверсивных клетях 2.1 и 2.2, его прокатку в непрерывно-реверсивной группе клетей 2.3-2.5 за три прохода через группу и окончательное формирование готового рельса в чистовой клети 2.6. Особенностью этого способа является то, что в первом проходе через непрерывно-реверсивную группу, для обжатия используют сразу три клетки: первую (по главному направлению прокатки) универсальную клеть 2.3, промежуточную клеть дуо 2.4 и вторую универсальную клеть 2.5. А во втором и в третьем проходах задействуют только по одной клети из непрерывной группы (клеть 2.3 во втором проходе и клеть 2.4 в третьем). Чистовой проход производят в трехвалковой универсальной клети 2.6.

Наиболее близким способом-аналогом, принятым за прототип, является способ прокатки PSP (Profile sizing process) [Nigris G., Schroder J. Profile sizing process for high-quality medium / heavy sections and rails / MPT International. 2002, №3. Р. 48-54; Зиновьев А.В. Процесс PSP для производства средне- и крупносортовых профилей и рельсов // Новости черной металлургии за рубежом. 2003, №2. С. 69-72], представленный на схеме Фиг. 3. Способ реализуется на стане, включающем одну черновую рабочую реверсивную клеть I (сечения раскатов, получаемых в ней, на Фиг. 3 затусованы), непрерывно-реверсивную группу в составе двух универсальных четырехвалковых клетей II и IV, а также расположенной между ними вспомогательной нереверсивной клетки III дуо, а также отдельно стоящую или входящую в группу универсальную трехвалковую чистовую клеть V. В черновой клети I в ящичных, тавровых, закрытых и последнем открытом рельсовых калибрах получают черновой рельсовый раскат за 7 проходов. Раскат передают в непрерывно-реверсивную группу клетей и прокатывают в ней за 5 проходов. В способе-прототипе в первом проходе в непрерывно-реверсивной группе используют только вспомогательную клеть III (обе универсальные клетки пропускают, валки их разведены). Во втором и четвертом проходах используют только клеть II (вспомогательную клеть III и универсальную клеть IV пропускают). А в третьем и пятом проходах прокатку ведут в универсальной клети II и вспомогательной клети III (пропускают универсальную клеть IV). В последнем, пятом проходе используют, кроме того, чистовой трехвалковый калибр, расположенный в чистовой универсальной клети.

Особенностью использования универсальных клетей при прокатке рельсов является то, что в одной и той же клети, с использованием одних и тех же ручьев, производят несколько проходов, последовательно уменьшая межвалковые зазоры и обеспечивая тем самым необходимое обжатие элементов профиля в каждом проходе. Такой способ использования универсальных клетей имеет ряд преимуществ, связанных, прежде всего с малым количеством необходимых валков и рабочих клетей (как, например, в способе-прототипе, см. Фиг. 3), но есть и недостатки - профиль формируется одними и теми же валками, что отрицательно влияет на процесс формоизменения металла при прокатке. Если в известных способах прокатки рельса используют две универсальные клетки (как в способе-аналоге, см. Фиг. 1), то последовательность применения универсальных калибров при многопроходной схеме деформирования в непрерывно-реверсивной группе такова, что в известных способах прокатки рельса приходится применять одинаковые по профилировке валки в обеих универсальных клетях. Это не позволяет использовать в таких калибрах широко распространенный в сортовой прокатке прием стабилизации процесса прокатки (центрирования раската в калибре) за счет последовательного расширения центрального, более тонкого элемента (шейки рельса, стенки балки и швеллера и т.п.)

Одним из основных условий обеспечения высокого качества готовых рельсов, прокатываемых в универсальных клетях, является условие равенства вытяжек по элементам профиля (по головке, по шейке и по подошве) [Головатенко А.В., Волков К.В., Дорофеев В.В. и др. Развитие технологии прокатки и процессов калибровки железнодорожных рельсов // Производство проката, 2014, №2. С. 25-39; Смирнов В.К., Шилов В.А., Инарович Ю.В. Калибровка прокатных валков. Учебное пособие для вузов. Издание 2-е переработанное и дополненное. М.: Теплотехник, 2010. - 490 с.]. Для выполнения этого условия, учитывая большую разницу в толщинах элементов профиля, необходимо обеспечить существенно различные абсолютные обжатия

разных элементов профиля: максимальное обжатие для головки (вертикальным валком) и минимальное обжатие для подошвы (другим вертикальным валком). Разница обжатий приводит к тому, что при обычно применяемых диаметрах прокатных валков и конструкциях рабочих клетей, длина очага деформации металла со стороны неприводного вертикального вала, обжимаемого головку, значительно больше, чем длина очага деформации со стороны приводных горизонтальных валков, обжимающих шейку.

На Фиг. 4, в качестве примера, приведено построение реального рабочего универсального рельсового калибра (поз. 4.2) и контура поперечного сечения задаваемой в него раската (поз. 4.1). Выполнено условие равенства вытяжек элементов профиля в проходе. Для реального соотношения обжатий (8 мм по головке, 4,5 мм по шейке и 3,6 мм по подошве) и диаметров вертикальных и горизонтальных валков (1300 мм - горизонтальные валки, 900 мм - вертикальные валки, см. Фиг. 4, поз. 4.3) определены длины участков контакта металла с валками для разных элементов профиля и валков (длины разных участков очага деформации, см. Фиг. 4): Лг - со стороны головки, обжимается вертикальным валком и боковыми, торцевыми поверхностями горизонтальных валков (84,6 мм), Лш - по шейке, обжимается горизонтальными валками (53,9 мм), Лп - со стороны подошвы, обжимается другим вертикальным валком и боковыми, торцевыми поверхностями горизонтальных валков (57,3 мм). Видно, что длина очага деформации со стороны головки Лг имеет наибольшую длину, а со стороны шейки Лш - наименьшую.

Такое значительное различие в абсолютных обжатиях элементов профиля ($8/4,5=1,78$) при прокатке рельса в универсальном калибре и соответствующее различие в длинах очагов деформации ($84,6/53,9=1,57$) имеет ряд отрицательных последствий, основные из которых следующие.

1) При задаче раската в универсальный рельсовый калибр, первый контакт металла происходит с неприводным вертикальным валком со стороны головки, что ухудшает условия захвата полосы валками.

2) В процессе прокатки, с задней стороны очага деформации имеется некомпенсированная часть дуги контакта профиля с вертикальным валком со стороны головки. Это приводит к изгибу заднего конца полосы при прокатке и может привести к образованию дефектов и искажению готового профиля [Смирнов В.К., Шилов В.А., Инарович Ю.В. Калибровка прокатных валков. Учебное пособие для вузов. Издание 2-е переработанное и дополненное. М.: Теплотехник, 2010. - 490 с.].

3) Первоначальный контакт сечения прокатываемой полосы только с вертикальным валком приводит к смещению сечения относительно симметричного по шейке положения в сторону подошвы, до достижения контакта металла или с торцевой поверхностью горизонтальных валков со стороны головки или с вертикальным валком, обжимающим подошву (зависит от соотношения обжатий по шейке и по подошве). Такое смещение может увеличить обжатие по головке по сравнению с запланированным (эффект раздавливания головки, отмеченный в [Головатенко А.В., Волков К.В., Дорофеев В.В. и др. Развитие технологии прокатки и процессов калибровки железнодорожных рельсов // Производство проката, 2014, №2. С. 25-39]), повышенному износу торцевых поверхностей горизонтальных валков, а так же к образованию дефектов типа плен и закатов в месте стыковки шейки и головки.

Изложенное позволяет сформулировать техническую проблему: имеющая место разность длин очагов деформации по элементам рельсового профиля приводит к затруднениям входа полосы в калибр, а также к изгибу заднего конца полосы, что в свою очередь приводит к искажению формы профиля на отдельных участках прокатываемой полосы, образованию дефектов, а также к повышенному расходу электроэнергии и дополнительному износу прокатных валков.

Указанная техническая проблема решается за счет выравнивания длин очагов деформации элементов рельсового профиля при прокатке в универсальных калибрах, достигаемое за счет:

- последовательного расширения гребней горизонтальных валков на определенную величину 5

- и назначения определенных, взаимосвязанных обжатий по элементам профиля.

Такое конструирование калибров позволит:

- повысить надежность захвата полосы валками универсальной клетки, что повлияет на увеличение реальной производительности стана за счет уменьшения количества задержек и повысит температуру конца прокатки;

- устранить изгиб заднего конца полосы в процессе ее прокатки в универсальном калибре, что в свою очередь уменьшит вероятность искажения готового профиля и повысит точность его размеров, уменьшит вероятность образования поверхностных

дефектов прокатного происхождения и снизит затраты электроэнергии и расход валков на прокатку.

Заявляемый способ прокатки рельсов включает:

- получение промежуточного рельсового раската в черновых реверсивных клетях дуо,
 - его прокатку в непрерывно-реверсивной группе клеток в составе двух универсальных четырехвалковых и вспомогательной двухвалковой клетки между ними
 - и завершение прокатки в чистовой трехвалковой универсальной клетке.
- От прототипа изобретение отличается тем, что:
- прокатка в непрерывно-реверсивной группе клеток производится за три прохода,
 - в первом из которых используют вспомогательную и вторую универсальную клетки,
 - во втором - две универсальные и вспомогательную клетки,
 - а в третьем - первую универсальную, вспомогательную и чистовую клетки,
 - и при этом по ходу прокатки в каждом универсальном калибре ширину гребней горизонтальных валков, формирующих шейку профиля, устанавливают больше, чем ширина шейки профиля раската, задаваемого в этот калибр, на величину δ , определяемую по выражению

$$\delta = \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \left(\frac{8 \cdot B_{\text{г}} \cdot R_{\text{г}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} - S_{\text{ш}} \right),$$

- а величины обжатий головки $\Delta B_{\text{гг}}$ и подошвы $\Delta B_{\text{пп}}$ профиля со стороны вертикальных валков определяют, соответственно, соотношениями

$$\Delta B_{\text{гг}} = 4 \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \cdot \frac{B_{\text{г}} \cdot R_{\text{ш}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} \quad \text{и} \quad \Delta B_{\text{пп}} = \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \cdot \left(B_{\text{п}} - \frac{B_{\text{г}} \cdot R_{\text{ш}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} + \frac{S_{\text{ш}}}{8} \right),$$

где ΔS - обжатие шейки рельса в этом калибре;

$S_{\text{ш}}$ - толщина шейки рельсового профиля в этом калибре;

$B_{\text{г}}$ - среднее значение ширины головки рельса в этом калибре;

$B_{\text{п}}$ - среднее значение ширины подошвы рельса в этом калибре;

$R_{\text{г}}$ и $R_{\text{ш}}$ - радиусы, соответственно, вертикального валка со стороны головки и горизонтального валка по ширине шейки.

Таким образом, для решения указанной технической проблемы предлагается применить два мероприятия:

- 1) использовать калибровку валков, отличающуюся переменной, увеличивающейся по ходу прокатки шириной шейки,
- 2) применить специальную последовательность использования клеток, входящих в непрерывно-реверсивную группу. Именно специальная последовательность применения клеток дает возможность использовать калибровку этих клеток с изменяющейся шириной шейки профиля.

Заявляемый способ реализуется на рельсобалочном стане, типовая схема которого показана на Фиг. 3, включающем в свой состав обжимную реверсивную клетку дуо I, непрерывно-реверсивную группу клеток в составе двух универсальных II (УК1), IV (УК2) и вспомогательной клетки дуо III (ВК), а также чистовую универсальную клетку V (УК3).

Предлагаемая последовательность применения клеток, входящих в непрерывно-реверсивную группу, показана на Фиг. 5. В черновой клетке I (или группе черновых клеток) прокатывают профиль чернового рельса с использованием специальной калибровки валков с зауженной шейкой профиля (калибры 5.1-5.5) и передают его в непрерывно-реверсивную группу. Здесь прокатка производится за три прохода. Прокатку в первом проходе (как и в способе-прототипе, см. Фиг. 3) начинают в двухвалковом калибре вспомогательной клетки III (калибр 5.6), что позволяет обеспечить максимальную точность и симметричность чернового профиля. Далее используют вторую (по главному направлению прокатки) универсальную четырехвалковую клетку IV (калибр 5.7). Первую универсальную клетку II в первом проходе через группу не используют, валки ее разводят. Во втором реверсном проходе применяют все три клетки непрерывной группы (калибры 5.8-5.10). В третьем проходе - используют первую универсальную клетку II (калибр 5.11), вспомогательную клетку III (калибр 5.12) и чистовую трехвалковую клетку V (калибр 5.13). Вторую универсальную клетку IV в третьем проходе не используют, валки ее разведены. Чистовая трехвалковая универсальная клетка V может, как входить в состав непрерывной группы, так и располагаться отдельно. Именно такая последовательность применения клеток позволяет использовать максимальное количество клеток при минимальном количестве проходов через группу и,

одновременно, дает возможность использовать валки с разными калибрами в универсальных четырехвалковых клетях.

Идею увеличения ширины шейки рельсового профиля по ходу прокатки и ее преимущества можно прокомментировать при помощи Фиг. 6 и Фиг. 7, где показано взаимное положение поперечного сечения валков универсального рельсового калибра и поперечного сечения входящего в него раската при совпадении центральных осей шеек раската и калибра. На Фиг. 6 показано взаимное положение валков и сечения входящего в них раската при одинаковой ширине шейки раската и калибра. Видно, что при дальнейшем продвижении по очагу деформации, под воздействием вертикального валка обжимающего головку, и при отсутствии поддержки другими валками, поперечное сечение раската начнет смещаться от центрального положения в сторону подошвы, приводя к искажению формы профиля. На Фиг. 7 показан момент первого контакта сечения раската и валков при условии, что шейка калибра шире, чем шейка задаваемого в калибр раската. Видно, что при правильном подборе величины расширения шейки, можно обеспечить условия, при которых, начиная с самого первого момента контакта, горизонтальные валки будут "поддерживать" поперечное сечение раската и препятствовать его смещению, устраняя тем самым указанные выше отрицательные последствия.

Проведенное математическое моделирование процесса прокатки рельса в универсальном калибре с использованием упрощенной модели, показало, что для обеспечения одновременности захвата сечения раската вертикальным валком со стороны головки и торцевыми поверхностями горизонтальных валков, ширина гребней горизонтальных валков, формирующих шейку профиля, должна быть больше чем ширина шейки профиля раската, задаваемого в этот калибр (соответствует ширине гребня, формирующего шейку в предыдущем калибре) на определенную величину "Q", которую можно рассчитать по выражению

$$\delta = \frac{\Delta S}{S_{ш}} \left(\frac{8 \cdot B_r \cdot R_r}{4 \cdot R_{ш} + R_r} - S_{ш} \right), \quad (1)$$

где ΔS - обжатие шейки рельса в рассматриваемом калибре;

$S_{ш}$ - толщина шейки рельсового профиля в рассматриваемом калибре;

B_r - среднее значение ширины головки рельса в рассматриваемом калибре;

$B_{п}$ - среднее значение ширины подошвы рельса в рассматриваемом калибре;

R_r и $R_{ш}$ - радиусы, соответственно, вертикального валка со стороны головки и горизонтального валка по ширине шейки.

При таком расширении шейки, часть обжатия головки и подошвы в горизонтальном направлении осуществляется за счет уклонов торцевых поверхностей горизонтальных валков, поэтому, для обеспечения условий равенства вытяжки элементов профиля, величину обжатий головки $\Delta B_{гг}$ со стороны вертикального валка следует определять из соотношения

$$\Delta B_{гг} = 4 \frac{\Delta S}{S_{ш}} \cdot \frac{B_r \cdot R_{ш}}{4 \cdot R_{ш} + R_r}, \quad (2)$$

а величину обжатий подошвы $\Delta B_{пп}$ профиля вертикальным валком - по выражению

$$\Delta B_{пп} = \frac{\Delta S}{S_{ш}} \cdot \left(B_{п} - \frac{B_r \cdot R_{ш}}{4 \cdot R_{ш} + R_r} + \frac{S_{ш}}{8} \right). \quad (3)$$

Величины, входящие в правую часть выражений (2) и (3), совпадают с одноименными величинами, входящими в выражение (1).

Формула изобретения

Способ прокатки рельсов, включающий получение промежуточного рельсового раската в черновых реверсивных клетях дуо, его прокатку в непрерывно-реверсивной группе клеток в составе двух универсальных четырехвалковых и вспомогательной двухвалковой клетки между ними и завершение прокатки в чистовой трехвалковой универсальной клетки, отличающийся тем, что прокатку в непрерывно-реверсивной группе клеток производят за три прохода, в первом из которых используют вспомогательную и вторую универсальную клетки, во втором - две универсальные и вспомогательную клетки, а в третьем - первую универсальную, вспомогательную и чистовую клетки, при этом по ходу прокатки в каждом универсальном калибре ширину гребней горизонтальных валков, формирующих шейку профиля, устанавливают больше, чем ширина шейки профиля раската, задаваемого в этот калибр, на величину δ , определяемую по выражению

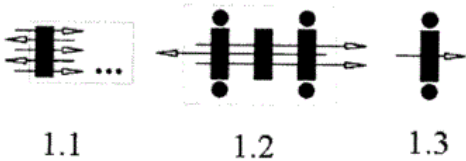
$$\delta = \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \left(\frac{8 \cdot B_{\text{г}} \cdot R_{\text{г}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} - S_{\text{ш}} \right),$$

а величины обжатий головки $\Delta B_{\text{гг}}$ и подошвы $\Delta B_{\text{пп}}$ профиля со стороны вертикальных валков определяют, соответственно, соотношениями

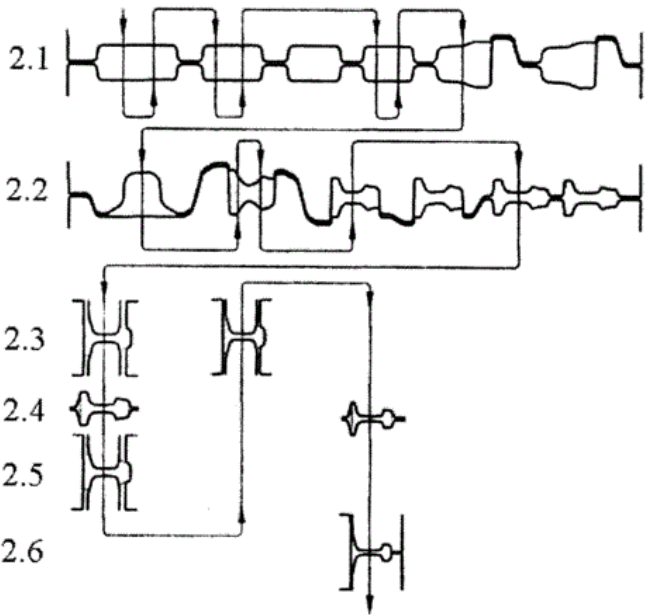
$$\Delta B_{\text{гг}} = 4 \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \cdot \frac{B_{\text{г}} \cdot R_{\text{ш}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} \quad \text{и} \quad \Delta B_{\text{пп}} = \frac{\Delta S}{S_{\text{ш}}} \cdot \left(B_{\text{п}} - \frac{B_{\text{г}} \cdot R_{\text{ш}}}{4 \cdot R_{\text{ш}} + R_{\text{г}}} + \frac{S_{\text{ш}}}{8} \right),$$

где ΔS - обжатие шейки рельса в этом калибре; $S_{\text{ш}}$ - толщина шейки рельсового профиля в этом калибре; $B_{\text{г}}$ - среднее значение ширины головки рельса в этом калибре; $B_{\text{п}}$ - среднее значение ширины подошвы рельса в этом калибре; $R_{\text{г}}$ и $R_{\text{ш}}$ - радиусы, соответственно, вертикального валка со стороны головки и горизонтального валка по ширине шейки.

СПОСОБ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ

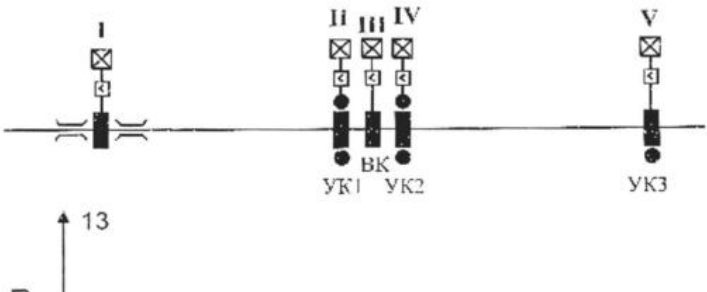


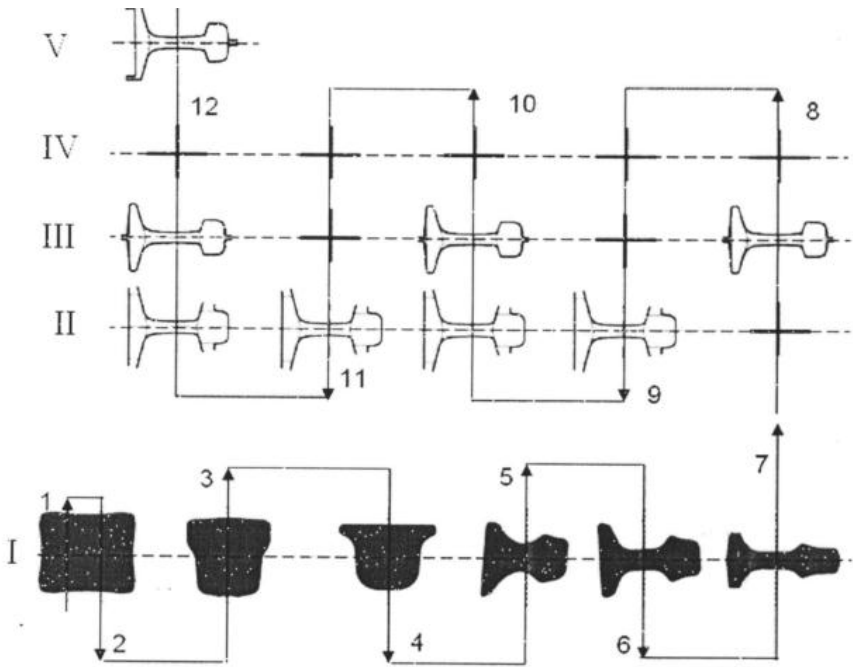
Фиг. 1



Фиг. 2

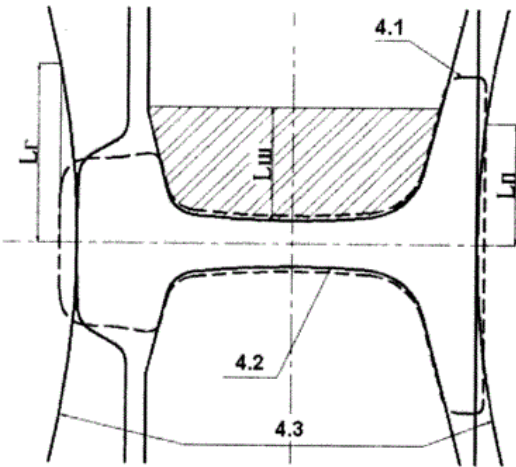
СПОСОБ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ



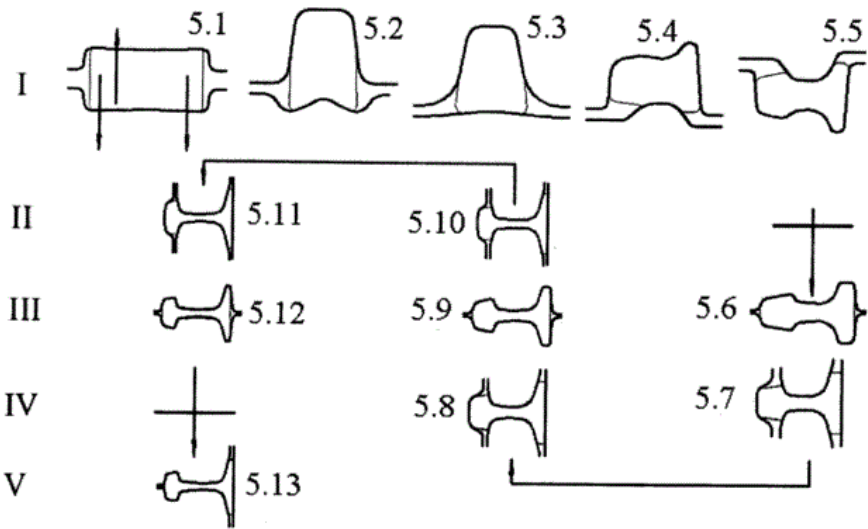


Фиг. 3

СПОСОБ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ

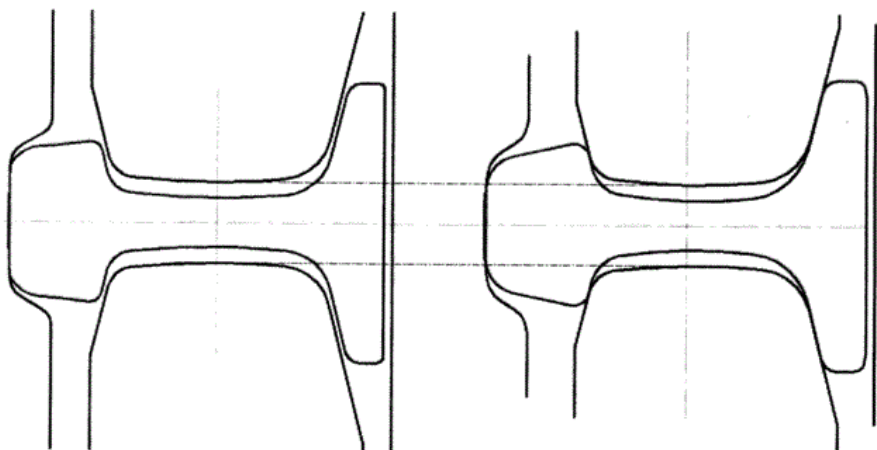


Фиг. 4



Фиг. 5

СПОСОБ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ



Фиг. 6

Фиг. 7